

AW



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : B23K 26/14</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/02700</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 20. Januar 2000 (20.01.00)</p>		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04069</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 12. Juni 1999 (12.06.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 30 237.1 7. Juli 1998 (07.07.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SCHOTT SPEZIALGLAS GMBH [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, D-55122 Mainz (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOETZEL, Bernd [DE/DE]; Ahornweg 5, D-55286 Wörrstadt (DE).</p> <p>(74) Anwälte: FUCHS, Jürgen, H. usw.; Abraham-Lincoln-Strasse 7, D-65189 Wiesbaden (DE).</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> <p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p> </td> </tr> </table>			<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04069</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 12. Juni 1999 (12.06.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 30 237.1 7. Juli 1998 (07.07.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SCHOTT SPEZIALGLAS GMBH [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, D-55122 Mainz (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOETZEL, Bernd [DE/DE]; Ahornweg 5, D-55286 Wörrstadt (DE).</p> <p>(74) Anwälte: FUCHS, Jürgen, H. usw.; Abraham-Lincoln-Strasse 7, D-65189 Wiesbaden (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04069</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 12. Juni 1999 (12.06.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 30 237.1 7. Juli 1998 (07.07.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SCHOTT SPEZIALGLAS GMBH [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, D-55122 Mainz (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOETZEL, Bernd [DE/DE]; Ahornweg 5, D-55286 Wörrstadt (DE).</p> <p>(74) Anwälte: FUCHS, Jürgen, H. usw.; Abraham-Lincoln-Strasse 7, D-65189 Wiesbaden (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>			
<p>(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CUTTING A WORKPIECE MADE OF BRITTLE MATERIAL</p> <p>(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SCHNEIDEN EINES WERKSTÜCKES AUS SPRÖDBRÜCHIGEM WERKSTOFF</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;"> </div>				
<p>(57) Abstract</p> <p>The invention relates to a method for cutting a workpiece made of brittle material, especially glass or ceramic, using a laser beam (5). According to the invention, the formation of a circular laser beam spot (3) having a directly surrounding cooling zone makes it possible to make any desired cut with a high degree of precision and rounded off sharp edges using simple measures without microfissures or splinters.</p>				

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Schneiden eines Werkstückes aus sprödebrüchigem Werkstoff, insbesondere Glas oder Keramik, mit einem Laserstrahl (5). Durch die erfindungsgemäße Formung eines kreisrunden Laserstrahlfleckes (3) mit einer diesen unmittelbar konzentrisch umgebenden Kühlzone sind mit einfachen Maßnahmen auch beliebige Freiformschnitte mit hoher Genauigkeit und mit Verrundung der scharfkantig gebrochenen Ränder ohne Mikrorisse und Ausmuschelungen möglich.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Letland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LJ	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren und Vorrichtung zum Schneiden eines Werkstückes aus sprödbrechigem Werkstoff

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Schneiden eines Werkstückes aus sprödbrechigem Werkstoff, insbesondere Glas oder Keramik, mit einem Laserstrahl. Eine bevorzugte Anwendung ist dabei das Schneiden von Flachglas.

Die Erfindung bezieht sich ferner auf eine Vorrichtung zum Schneiden eines derartigen Werkstückes mittels eines Laserstrahles.

Konventionelle Trennverfahren für Flachglas basieren darauf, mittels eines Diamanten oder eines Schneidrädchens zunächst eine Ritzspur im Glas zu generieren, um das Glas anschließend durch eine äußere mechanische Kraft entlang der so erzeugten Schwachstelle zu brechen. Nachteilig ist bei diesem Verfahren, daß durch die Ritzspur Partikel (Splitter) aus der Oberfläche gelöst werden, die sich auf dem Glas ablagern können und dort beispielsweise zu Kratzern führen können. Ebenfalls können sogenannte Ausmuschelungen an der Schnittkante entstehen, die zu einem unebenen Glasrand führen. Weiterhin führen die beim Ritzen entstehenden Mikrorisse in der Schnittkante zu einer verringerten mechanischen Beanspruchbarkeit, d. h. zu einer erhöhten Bruchgefahr.

Ein Ansatz, sowohl Splitter als auch Ausmuschelungen und Mikrorisse zu vermeiden, besteht im Trennen von Glas auf der Basis thermisch generierter Spannung. Hierbei wird eine Wärmequelle, die auf das Glas gerichtet ist, mit

fester Geschwindigkeit relativ zu dem Glas bewegt und so eine derart hohe thermische Spannung erzeugt, daß das Glas Risse bildet. Der notwendigen Eigenschaft der Wärmequelle, die thermische Energie lokal, d. h. mit einer Genauigkeit besser einen Millimeter, was den typischen Schnittgenauigkeiten entspricht, positionieren zu können, genügen Infrarotstrahler, spezielle Gasbrenner und insbesondere Laser. Laser haben sich wegen ihrer guten Fokussierbarkeit, guten Steuerbarkeit der Leistung sowie der Möglichkeit der Strahlformung und damit der Intensitätsverteilung auf Glas bewährt und durchgesetzt.

Dieses Laserstrahl-Schneidverfahren, das durch eine lokale Erwärmung durch den fokussierten Laserstrahl in Verbindung mit einer Kühlung von außen eine thermomechanische Spannung bis über die Bruchfestigkeit des Werkstoffes induziert, ist durch mehrere, weiter unten angeführte Schriften bekannt geworden und unterscheidet sich grundsätzlich von dem ebenso beispielsweise aus der EP 0 062 484 A1, der JP 10-166170A oder der US 5,237,150 bekannten Laserstrahl-Schneidverfahren, bei dem ein Aufschmelzen des Glases unter Ausbildung einer Schnittfuge stattfindet, wobei über eine Ringdüse ein Gas zugeführt wird, durch das die Schnittfuge ständig sauber geblasen und die Laseroptik gekühlt wird.

Das erstgenannte Laserstrahl-Schneidverfahren hat sich aus den verschiedensten Gründen als das überlegenere Verfahren erwiesen und in der Praxis durchgesetzt. Von ihm geht auch die Erfindung aus. Die durch das vorgenannte Verfahren erzielbare Schneidfähigkeit und die Einsatzfähigkeit des Verfahrens werden dabei insbesondere durch die Intensitätsverteilung im Laserstrahl und die Art der Kühlung bedingt, was nachfolgend anhand bekannter Verfahren erläutert werden soll.

Das aus der WO 93/20015 bekannte Schneidverfahren nutzt einen Laserstrahl mit elliptischer Form, mit einem nachlaufenden Kühlspot. Dieses Verfahren

zeigt gute Ergebnisse beim gradlinigen Ritzen von nichtmetallischem Plattenmaterial, kann jedoch kein hochwertiges und hochpräzises Ritzen entlang einer gekrümmten Kontur sichern. Zudem weist das genannte Verfahren eine geringe Stabilität des Schneidablaufs bei einer hohen Strahlungsdichte und hohen Schnittgeschwindigkeiten auf.

Dies hängt damit zusammen, daß die Erhitzung mit einem Laserbündel mit elliptischem Querschnitt und der Gaußschen Verteilung der Strahlungsdichte in einem sehr engen Bereich erfolgt, wobei sich die Temperatur von der Peripherie zum Zentrum gravierend erhöht. Es ist extrem kompliziert, ein stabiles Thermospalten bei hoher Geschwindigkeit, hoher Ritztiefe und dennoch auch eine stabile Leistungsdichte zu erzielen, wenn die Erhitzung des Werkstoffes häufig mit dessen Überhitzung im zentralen Bereich des Bestrahlungsbereiches einhergeht, d. h. die Aufweichtemperatur des Materials überschritten wird, obwohl dies bei hochwertigem Schneiden unzulässig ist.

Um die Erhitzungsbedingungen des Materials entlang der Schnittlinie zu optimieren, erfolgt das Erhitzen gemäß der WO 96/20062 mittels eines Wärmestrahlbündels, in dessen Querschnitt, der durch das Zentrum des Bündels verläuft, sich die Dichte der Strahlungsleistung abnehmend von der Peripherie zum Zentrum hin verteilt. Es wird ein elliptisches Strahlenbündel verwendet, das eine Temperaturverteilung in Form eines elliptischen Ringes bewirkt. Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß im vorderen Bereich des elliptischen Strahlungsbündels in Schneidrichtung gesehen im Bereich der Trennlinie bereits eine unnötige Aufheizung stattfindet. Hierdurch findet in der Mitte des Strahlungsbündels, d.h. auf der Trennlinie eine unnötig große Aufheizung statt, so daß am Ende des Strahlungsbündels, wo die Strahlungsintensität wiederum im Bereich der Trennlinie sehr groß wird, das Glas unter Umständen schon aufschmelzen kann.

Mit diesem Verfahren können ferner nur Gläser mit einer Stärke bis typischerweise 0,2 Millimeter durchtrennt werden, weil bei höheren notwendigen Strahlleistungen ansonsten ein Aufschmelzen stattfindet und der Riß unterbricht. Bei größeren Glasdicken findet nur ein Ritzen des Glases statt.

Die Nachteile dieses bekannten Verfahrens werden durch das Verfahren nach der DE 197 15 537 A 1 vermieden, das einen Brennfleck mit einer U- bzw. V-förmigen Kontur vorsieht, die sich in Schneidrichtung öffnet.

Die beiden Schenkel der V- bzw. U-förmigen Kurve liegen gleich beabstandet benachbart der Trennlinie, so daß bei einer derartigen Gestalt des Wärmestrahlungsflecks die Werkstückoberfläche durch die beiden beabstandeten Intensitätsmaxima zunächst auf einer großen Breite, die bis zu einigen Millimetern betragen kann, aufgeheizt wird, wobei zwischen beiden Intensitätsmaxima zunächst ein lokales Temperaturminimum besteht. Durch das Zusammenlaufen der Schenkel der V- bzw. U-förmigen Kurve am hinteren Ende des Wärmestrahlungsflecks wird das lokale Temperaturminimum zunehmend verringert, d.h. die Temperatur im Bereich der Trennlinie nimmt zum Ende des Wärmestrahlungsflecks hin zu und erreicht dort ein lokales Temperaturmaximum, insbesondere an der Werkstückoberfläche, das aber noch unterhalb der Schmelztemperatur des Werkstücks liegt. Ein derartiger Wärmestrahlungsfleck bewirkt, daß im Bereich des Abstandes der Intensitätsmaxima eine homogene Aufheizung des Werkstückes auf großer Breite und auch in der Tiefe auf eine Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur erreicht wird, was bei einem Strahl mit einer maximalen Intensität im Zentrum, insbesondere am Anfang des Wärmestrahlungsflecks, nicht der Fall ist. Der so erzeugten Aufheizspur folgt eine unmittelbare Kühlung mittels einer Flüssigkeit, eines Gases oder eines unterkühlten mechanischen Tastkopfes, die auf der Trennlinie die größte Intensität hat. Diese Kühlung bewirkt eine Kontraktion des Materials. Durch die Aufheizung auf großer Breite mit einem Temperaturmaximum auf der Trennlinie wird in

Kombination mit der Kühlung, die ebenfalls auf der Trennlinie ihre größte Wirkung zeigt, eine vergleichsweise hohe mechanische Spannung mit einem starken lokalen Maximum auf der Trennlinie erzeugt. Dadurch ist es möglich, auch große Werkstückdicken sauber zu durchtrennen.

Dieses Verfahren hat sich in der Praxis bei der Ausführung von geraden Schnitten gut bewährt. Bei der Ausführung von Freiformschnitten, d.h. von Schnitten mit beliebiger, auch gekrümmter Kontur, muß eine der Kontur der Schneidlinie angepaßte, gekrümmte U- bzw. V-förmige Intensitätsverteilung erzeugt und der Kontur samt der nachfolgenden Kühlung nachgefahren werden. Dies erfordert insbesondere eine Kopplung der den Brennfleck erzeugenden Scannereinrichtung mit einer Bahnsteuerung, was einen nicht unerheblichen Steuerungs- und Justageaufwand mit sich bringt.

Durch die DE 44 11 037 C 2 ist ein Laserstrahl-Schneidverfahren zum Schneiden von Hohlgläsern bekannt geworden, das mit einem scharf zu einem Spot gebündelten, ortsfesten Laserstrahl arbeitet, der rund um das sich drehende Hohlglas eine thermische Spannungszone erzeugt. Danach wird entlang der eingebrachten Spannungszone über den gesamten Umfang des Hohlglases mit einem aus einer Düse ausgeblasenen Sprühwassernebel gekühlt und so in Verbindung mit einem mechanisch oder thermisch erzeugten Startriß ein Abtrennen des Hohlglasrandes erzielt. Dieses bekannte Verfahren eignet sich jedoch praktisch durch das zeitliche Nacheinander von Erwärmen und Kühlen nur für das Abtrennen des Randes von Hohlgläsern.

Durch die DE 43 05 107 A 1 ist ein Laserstrahl-Schneidverfahren bekannt geworden, bei dem der Laserstrahl so geformt ist, daß sein Strahlquerschnitt auf der Oberfläche des Werkstückes eine längliche Form aufweist, bei dem das Verhältnis von Länge und Breite des auftreffenden Strahlquerschnittes mittels einer Blende im Laserstrahlengang einstellbar ist. Auch dieses Verfahren ist in seiner Einsatzfähigkeit stark eingeschränkt. Bei Freiformschnitten müßte der

längliche Brennfleck, wie im Zusammenhang mit der DE 197 15 537 A 1 bereits erläutert, in seiner Krümmung der jeweiligen Kontur angepaßt werden. Da die Kühlung erst nach dem vollständigen Erwärmen der Schnittlinie, z.B. durch Anblasen mittels kalter Druckluft, aufgebracht werden soll, eignet sich das bekannte Verfahren praktisch ebenfalls nur für das Abschneiden des Preßbrandes von Hohlgläsern, wo sich das Hohlglas im ortsfesten Laserstrahl dreht, wobei zunächst umfänglich der Rand durch den Laserstrahl erwärmt und anschließend durch Aufblasen des Gases gekühlt wird.

In dieser Schrift wird auch darauf verwiesen, daß mit einem runden Strahlquerschnitt nicht die Forderungen zufriedenstellend gelöst werden könnten, auf der einen Seite einen energiereichen Brennfleck zu haben, der auf der anderen Seite jedoch kein Aufschmelzen bewirken darf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs bezeichnete Verfahren so zu führen bzw. die zugehörige Vorrichtung so auszubilden, daß mit einfachen Maßnahmen auch beliebige Freiformschnitte mit hoher Genauigkeit und mit Verrundung der scharfkantig gebrochenen Ränder ohne Mikrorisse und Ausmuschelungen möglich sind.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt gemäß der Erfindung für das Verfahren mit den Schritten:

- Erzeugen eines Laserstrahles und Führen des Laserstrahles fokussiert auf das zu schneidende Werkstück ohne Aufschmelzen des Werkstoffes,
- Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem Laserstrahl und dem Werkstück unter Bewegen des Laserstrahles entlang einer vorgegebenen Schneidlinie mit Induzierung einer thermomechanischen Spannung,
- Formen des Laserstrahles derart, daß der auf die Oberfläche des zu schneidenden Werkstückes als Brennfleck einwirkende Strahlquerschnitt eine kreisrunde Form einnimmt, und

- Aufblasen eines fluiden Kühlmediums konzentrisch zum kreisrunden Brennfleck an dessen Außenrand unter Erhöhung der thermomechanischen Spannung bis über die Bruchfestigkeit des Werkstoffes.

Hinsichtlich der Vorrichtung gelingt die Lösung der Aufgabe erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung, mit:

- einer Laserstrahlquelle zur Erzeugung eines hochenergetischen Laserstrahles, und optischen Mitteln zum Führen des Laserstrahles fokussiert auf die Schneidlinie ohne Aufschmelzen des Werkstoffes, einer Antriebsanordnung zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem fokussierten Laserstrahl und dem Werkstück unter Bewegen des Laserstrahles entlang der vorgegebenen Schneidlinie ohne Schnittfuge unter Induzierung einer thermomechanischen Spannung,
- Mitteln zum Formen des Laserstrahles derart, daß der auf die Oberfläche des Werkstückes schnittfugenlos als Brennfleck einwirkende Strahlquerschnitt eine kreisrunde Form annimmt, und
- Mitteln zum Aufblasen eines fluiden Kühlmediums konzentrisch zum kreisrunden Querschnitt des Brennfleckes an dessen Außenrand unter schnittfugenloser Erhöhung der thermomechanischen Spannung bis über die Bruchfestigkeit des Werkstoffes.

Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen ist es mit großem Vorteil möglich, Werkstückteile mit jeder beliebigen Geometrie aus dem sprödebrüchigen Material, insbesondere Glas, durch ein einfaches Nachfahren entlang der Schneidkontur herauszuschneiden.

Wegen des starken lokalen Temperaturmaximums auf der Schneidlinie und der unmittelbar benachbarten konzentrischen Kühlung folgt dabei der Schnitt sehr präzise jeder Freiform. Somit können beispielsweise bei Dünnglas (ca. 50 μm), aber auch bei dickem Glas (mehrere Millimeter) beliebige Geometrien durchtrennt werden. Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß ein mechanisches Brechen nach der Wärme- und Kühlbehandlung nicht notwendig ist, so daß saubere Trennkanten erzielt werden, die weder Mikrorisse noch Ausmuschelungen enthalten.

Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen konnte auch das oben angeführte Vorurteil hinsichtlich der Nichtpraktikabilität von runden Strahlquerschnitten beseitigt werden.

Im Fall der Erfindung ist auch keine Schnittfuge vorhanden, die ständig durch ein Gas sauber zu blasen wäre, sondern das vorzugsweise durch eine Ringdüse konzentrisch zum kreisrunden Brennfleck aufgeblasene Gas dient der Erzeugung einer thermomechanischen Spannung als Voraussetzung für ein Brechen des Glases entlang der Schnittlinie.

Bei den benötigten hohen Laserleistungen ist zu beachten, daß der Laserstrahl das sprödebrüchige Material nicht zum Aufschmelzen bringt. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird daher der Laserstrahl so geformt, daß der Strahlquerschnitt im Brennfleck eine geschlossene, aber erweiterte Kreisfläche bildet, dessen Intensität deutlich unterhalb derjenigen des stark fokussierten Laserspots liegt.

Eine weitere Möglichkeit, die punktuelle Intensität zu verringern, besteht darin, den Laserstrahl gemäß einer anderen Weiterbildung so zu formen, daß der Strahlquerschnitt im Brennfleck einen Kreisring bildet.

Diese Strahlquerschnitte werden vorzugsweise durch eine Scannereinrichtung erzeugt. Auch ist der Einsatz von Lasern mit einem entsprechendem TEM 00* - oder TEM 01*-Mode möglich, bei denen der Strahl nicht mit nachgeschalteten optischen Mitteln, sondern bereits im Laser durch einen entsprechenden Resonatoraufbau geformt wird.

Vorzugsweise ist der Laser ein CO₂-Laser, dessen Wellenlänge dem spektralen Absorptionsmaximum des zu schneidenden Werkstoffes entspricht. Dieser CO₂-Laser emittiert Licht im fernen infraroten Bereich bei einer Wellenlänge von 10,6 µm. Diese Wärmestrahlung zeigt erhebliche Besonderheiten bei der Wirkung auf Materie. So wird sie von den meisten, im sichtbaren Licht transparenten Materialien stark absorbiert.

Der Umstand der starken Absorption in Glas wird verwendet, um Glas zu schneiden. Bei einem Absorptionskoeffizienten von 10³ cm⁻¹ wird 95 % der Leistung in einer 30 µm dicken Schicht absorbiert.

Darüber hinaus eignet sich der CO₂-Laser, wie auch jeder andere Laser, der vom Material genügend stark absorbiert wird, zum abschließenden Verschmelzen und Verrunden der scharfkantig gebrochenen Kante.

Aufgrund der unterschiedlichen Absorptionsbanden der einzelnen Materialien wird vorzugsweise ein in der Wellenlänge abstimmbarer Laser eingesetzt. So kann für jedes Material die Wellenlänge eingestellt werden, bei der dieses die stärkste Absorption zeigt, so daß die Energieverluste minimiert werden.

Z.B. ist die Absorptionskante im Glas sehr stark von der Wellenlänge des Lasers abhängig, da die verwendete Strahlung an der Schulter einer Vibrationsbande der oxidischen Bindung liegt. Es gibt spezielle CO₂-Laser, die mit Hilfe eines Interferenzgitters die emittierte Wellenlänge von 9,4 bis

11,8 μm verändern können. Das Absorptionsspektrum hängt auch sehr empfindlich von der chemischen Zusammensetzung des Glases ab. Eine höhere oder niedrigere Absorptionskante wird abhängig von den thermischen und mechanischen Eigenschaften der Glasmischung zu unterschiedlichen Ergebnissen beim Absprengen führen. Deshalb wird die Wellenlänge auf die Glassorte optimiert.

Für das Aufblasen des fluiden Kühlmediums konzentrisch zum kreisrunden Brennfleck wird vorzugsweise gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung eine Ringdüse mit von oben nach unten konisch zulaufender Anströmung verwendet. Dadurch besteht auf einfache Weise die Möglichkeit, über den Abstand - Düse zu Werkstück - die Strömung des fluiden Kühlmediums exakt konzentrisch benachbart zum Brennfleck einzustellen, um eine hohe thermomechanische Spannung zu erzeugen. Unter einem fluiden Kühlmedium sollen sowohl Flüssigkeiten als auch Gase bzw. Gemische von beiden verstanden werden.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet bzw. ergeben sich auch anhand der Beschreibung von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine prinzipielle Darstellung einer Vorrichtung zur Erzeugung eines kreisrunden Laserstrahl-Brennfleckes mit benachbarter konzentrischer Kühlzone,
- Fig. 2 in zwei Darstellungen A und B zwei Möglichkeiten für die Ausbildung eines kreisrunden Laserstrahl-Brennfleckes, und
- Fig. 3 in fünf verschiedenen Darstellungen A bis F verschiedene Möglichkeiten zur Ausbildung der Ringdüse zum konzentrischen Anblasen des Kühlfleckes.

In Fig. 1 ist eine Vorrichtung zum Schneiden eines Werkstückes aus sprödebrüchigem Material, hier in Form einer in Pfeilrichtung bewegten Glasplatte 1 dargestellt, die längs der Schneidlinie 2 durchtrennt werden soll. Das Durchtrennen oder Schneiden erfolgt mittels eines Laserstrahlfleckes 3, dessen Strahlquerschnitt generell eine kreisrunde Form besitzt, wie später noch anhand der Fig. 2 an zwei Beispielen erläutert werden wird.

Als Laserstrahlquelle ist ein Laser 4 vorgesehen, insbesondere ein CO₂-Laser, der einen Laserstrahl 5 aussendet.

Dieser Laserstrahl 5 trifft auf einen ersten um eine vertikale Achse oszillierenden Spiegel 6, der den Strahl 5 in einer Ebene parallel zur Oberfläche der Glasscheibe 1 hin und her bewegt. Dieser oszillierende Laserstrahl trifft auf einen zweiten um eine horizontale Achse oszillierenden Spiegel 7, der den reflektierten Laserstrahl in X-Richtung hin und her bewegt. Die Anordnung der Spiegel 6 und 7 kann auch vertauscht sein. Aufgrund der Überlagerung der beiden oszillierenden Bewegungen erzeugt der Laserstrahl auf der Werkstückoberfläche den gewünschten kreisförmigen Brennfleck 3. Um die Oszillationen der beiden Spiegel 6 und 7 so aufeinander abzustimmen, d.h. zu synchronisieren, daß diese kreisrunde Kontur 3 erzielt wird, ist eine gemeinsame Steuer- und Regeleinrichtung 8 vorgesehen, die an die nicht dargestellten Antriebe der beiden Spiegel 6, 7, über die Steuerleitungen 8 a, 8 b angeschlossen ist. Vorzugsweise liegt die Oszillationsfrequenz der beiden Spiegel bei 500 bis 2000 Hz, so daß eine Schneidgeschwindigkeit von 50 mm/sec bis 1000 mm/sec erreicht werden kann, was von der eingesetzten Strahlungsintensität abhängt.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform einer Scannereinrichtung weist die optische Einrichtung ein Spiegelrad auf, dessen Oberfläche derart gekrümmt ist, daß ein darauf reflektierter Laserstrahl während einer Rotation des

Spiegelrades mindestens eine kreisförmige Kurve auf der Oberfläche des zu durchtrennenden Werkstückes 1 beschreibt.

Eine derartige Scannereinrichtung zum Erzeugen eines (jedoch anders geformten) Laserstrahl-Brennfleckes ist an sich durch die eingangs zitierte DE 197 15 537 A 1 bekannt geworden.

Die Erzeugung des kreisrunden Brennfleckes 3 mittels eines Scanners 6 bis 8 ist zwar eine vorteilhafte Ausführungsform, jedoch kann unter Wegfall des Scanners auch eine im entsprechenden TEM-Mode arbeitende Laserstrahlquelle benutzt werden, wie anhand der Fig. 2 noch erläutert werden wird. In diesem Fall wird nicht mit einem bewegten, sondern einem ruhenden Laserstrahl gearbeitet.

Der Laserstrahl 5 wird vor dem Auftreffen auf die Glasoberfläche mittels einer nicht dargestellten optischen Fokussiereinrichtung fokussiert, wobei jedoch durch das Scannen des Kreises 3 die Intensität im Brennfleck deutlich unterhalb derjenigen eines stark fokussierten Laserspots bleibt, um ein Aufschmelzen des Glases zu vermeiden. Sie ist so gewählt, daß eine thermomechanische Spannung im Glas entlang der Schneidlinie 2 induziert wird.

Unmittelbar bevor der Laserstrahl 5 auf der Glasoberfläche auftrifft, ist eine Ringdüse 9 mit einer zentrischen Bohrung 9 a für den Laserstrahl 5 vorgesehen, die einen zu der Bohrung konzentrischen Ringraum 9 b aufweist, der mit einer (nicht dargestellten) Quelle eines fluiden Kühlmediums strömungsmäßig verbunden ist. Vorzugsweise ist dabei, wie dargestellt, der Ringraum konisch zur Werkstückoberfläche hin ausgebildet.

Durch den Ringraum wird das fluide Kühlmedium konzentrisch zum kreisrunden Brennfleck an dessen Außenrand unter Erhöhung der

thermomechanischen Spannung bis über die Bruchfestigkeit des Glases hinaus aufgeblasen. Durch die konische Führung des Kühlstromes besteht dabei mit Vorteil die Möglichkeit, über den Abstand Düse 9 - Glasplatte 1 den Kühlstrom exakt um den Laserfleck 3 einzustellen.

Durch diese erfindungsgemäße Ausbildung eines kreisrunden Brennfleckes 3 mit einer dazu konzentrischen ringförmigen Kühlzone ist es erstmals durch einfaches Nachfahren der Schneidlinie 2 ohne aufwendige Steuermaßnahmen möglich, Freiformschnitte beliebiger Art mit verrundeten Rändern ohne Mikrorisse oder Ausmuschelungen zu erzielen.

Das fluide Kühlmedium kann kühle Druckluft oder vorteilhafter ein Luft-Wasser-Gemisch sein, weil damit der Temperaturgradient verstärkt wird. Auch andere Kühlmedien sind denkbar.

Im einfachsten Fall kann der Laserstrahl-Brennfleck 3, wie in Fig. 2 A dargestellt, die Form einer geschlossenen Kreisfläche mit der zugehörigen Gauss'schen Intensitätsverteilung haben, wobei im Brennfleck die Zone mit niedriger Intensität der Einfachheit halber punktiert dargestellt ist. Dieser Brennfleck 3 kann durch den beschriebenen Scanner 6, 7, 8 oder durch einen Laser 5 gebildet werden, der durch einen speziellen Resonatoraufbau einen Laserstrahl 5 mit TEM 00*-Mode erzeugt.

Bei einer anderen vorteilhafteren, weil thermisch günstigeren, Ausführungsform kann der Laserstrahlfleck 3, wie in Fig. 2 B dargestellt, die Form einer Kreisringzone haben, mit einer Intensitätsabsenkung im Zentrum. Auch dieser Brennfleck kann mittels des Scanners 6, 7, 8 oder durch einen Laser 5 gebildet werden, der durch einen speziellen Resonatoraufbau einen Laserstrahl mit TEM 01*-Mode erzeugt.

Da derartige Laser mit einem speziellen TEM-Mode relativ teuer sind und auch nicht für alle benötigten Leistungsklassen zur Verfügung stehen, werden die kreisrunden Brennflecke vorzugsweise mittels des Scanners 6, 7, 8 erzeugt.

Der Durchmesser des Brennfleckdurchmessers liegt zwischen 0,5 mm und mehreren Millimetern. Er ist abhängig von der benötigten Laserleistung, Kühlung, Materialart, Materialdicke und gewünschter Vorschubgeschwindigkeit.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der zugehörigen Vorrichtung lassen sich jedoch nicht nur flache Werkstücke aus sprödebrüchigem Material in der X-Y-Ebene schneiden, sondern es können auch Werkstücke dreidimensional bearbeitet werden. Während im Fall der X-Y-Schnitte vorzugsweise das flache Werkstück relativ zum Laserstrahlfleck 3 bewegt wird, wird vorzugsweise im Fall einer dreidimensionalen Bearbeitung der Laserstrahlfleck 3 unter entsprechender Bewegung des Scanners der Schneidlinie nachgefahren.

Neben Flachglas läßt sich auch Hohlglas schneiden.

In der Fig. 3 sind in drei Längsrißdarstellungen A, B, C und in drei Querschnittsdarstellungen D, E und F verschiedene prinzipielle Möglichkeiten zur Ausbildung der Ringdüse 9 dargestellt.

Im einfachsten Fall ist ein Rohr 9 c mit der zentrischen Bohrung 9 a von einem coaxialen Ringraum 9 b mit gerader Rohrwand 9 d umgeben, was zu einem Querschnitt entsprechend der Fig. 3 D führt.

Die Anordnung kann aber auch entsprechend der Darstellung in Fig. 3 B so getroffen werden, daß das innere Rohr 9 c von einem Kegelstumpf-Mantel 9 d mit konisch zulaufendem Ringraum 9 b umgeben ist. Die Austrittsöffnung im

Ringraum kann dabei so gestaltet werden, daß sie, wie in der Darstellung D gezeigt, durchgehend offen oder daß sie entsprechend den Ausführungen E und F kreisförmige oder eckige Durchtrittsöffnungen in einem Abschlußrand aufweist.

Schließlich besteht, wie in Fig. 3 C dargestellt, die Möglichkeit, an dem zentrischen Rohr 9 c eine konisch zulaufende Verdickung 9 e anzuformen, die in Verbindung mit einem kegelstumpfförmigen Mantel 9 d gleicher Neigung einen schräg zulaufenden Ringraum 9 b schafft. Vorzugsweise sind dabei in der Verdickung Längsnuten 9 f ausgeformt, (siehe Darstellung F) die eine Vielzahl von Luftkanälen mit zugehörigen Durchtrittsöffnungen am Düsenausgang vorgeben, was für eine besonders intensive Anblasung der Zone um den Brennfleck und damit für eine hohe induzierte thermomechanische Spannung sorgt. Es können aber auch kreisförmige Durchtrittsöffnungen nach Darstellung E (bzw. abgewandelt auch eckige Durchtrittsöffnungen) oder eine offene Durchtrittsfläche gemäß der Darstellung D vorgesehen sein.

Das beschriebene Verfahren läßt sich für alle spröden Materialien verwenden, die sich durch thermische Spannung brechen lassen (z.B. Keramik, Steine, Kristalle). Die Strahlungsquelle muß dabei in der Wellenlänge den Absorptionseigenschaften der Materialien angepaßt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schneiden eines Werkstückes aus sprödebrüchigem Werkstoff mit einem Laserstrahl, mit den Schritten:
 - Erzeugen eines Laserstrahles und Führen des Laserstrahles fokussiert auf das zu schneidende Werkstück ohne Aufschmelzen des Werkstoffes,
 - Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem Laserstrahl und dem Werkstück unter Bewegen des Laserstrahles entlang einer vorgegebenen Schneidlinie mit Induzierung einer thermomechanischen Spannung,
 - Formen des Laserstrahles derart, daß der auf die Oberfläche des zu schneidenden Werkstückes als Brennfleck einwirkende Strahlquerschnitt eine kreisrunde Form einnimmt, und
 - Aufblasen eines fluiden Kühlmediums konzentrisch zum kreisrunden Brennfleck an dessen Außenrand unter Erhöhung der thermomechanischen Spannung bis über die Bruchfestigkeit des Werkstoffes.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlquerschnitt im Brennfleck eine geschlossene Kreisfläche bildet, dessen Intensität deutlich unterhalb derjenigen des stark fokussierten Laserspots liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlquerschnitt im Brennfleck einen Kreisring bildet.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl der Strahl eines CO₂-Lasers ist,

dessen Wellenlänge dem spektralen Absorptionsmaximum des zu schneidenden Werkstoffes entspricht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das fluide Kühlmedium konisch von oben nach unten auf das Werkstück aufgeblasen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch Aufblasen eines Kühlgases, vorzugsweise von kalter Luft, gekühlt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch Aufblasen eines Luft-Wasser-Gemisches gekühlt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Strahlformung zu einem kreisförmigen Brennfleck auf der Werkstückoberfläche mittels der Laserstrahlquelle nachgeschaltete optische Elemente erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Brennfleck durch Scannen des Laserstrahles erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der zu einem kreisförmigen Brennfleck geformte Laserstrahl durch eine Laserstrahlquelle mit einem entsprechenden TEM-Mode vorgegeben wird.
11. Vorrichtung zum Schneiden eines Werkstückes (1) aus sprödbrechigem Werkstoff mit einem Laserstrahl, entlang einer vorgegebenen Schneidlinie (2), mit:

- einer Laserstrahlquelle (4) zur Erzeugung eines hochenergetischen Laserstrahles (5),
 - optischen Mitteln (6, 7) zum Führen des Laserstrahles fokussiert auf die Schneidlinie (2),
 - einer Antriebsanordnung zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem fokussierten Laserstrahl (5) und dem Werkstück (1) unter Bewegen des Laserstrahles entlang der vorgegebenen Schneidlinie (2) mit Induzierung einer thermomechanischen Spannung,
 - Mitteln (6, 7, 8) zum Formen des Laserstrahles derart, daß der auf die Oberfläche des Werkstückes als Brennfleck (3) einwirkende Strahlquerschnitt eine kreisrunde Form annimmt, und
 - Mitteln (9) zum Aufblasen eines fluiden Kühlmediums konzentrisch zum kreisrunden Querschnitt an dessen Außenrand unter schnittfugenloser Erhöhung der thermomechanischen Spannung bis über die Bruchfestigkeit des Werkstoffes.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel (6, 7, 8) zum Formen des Laserstrahles so ausgebildet sind, daß der Strahlquerschnitt im Brennfleck (3) eine geschlossene Kreisfläche bildet, dessen Intensität deutlich unterhalb derjenigen des stark fokussierten Laserspots liegt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel (6, 7, 8) zum Formen des Laserstrahles so ausgebildet sind, daß der Strahlquerschnitt im Brennfleck (3) einen Kreisring bildet.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel zur Strahlformung durch eine Scannereinrichtung () mit zwei senkrecht zueinander schwingenden Spiegeln (6, 7) gebildet sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel zur Strahlformung durch einen speziellen Resonatoraufbau der Laserstrahlquelle (4) gebildet sind.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß für den Fall eines kreisflächigen Brennfleckes (3) eine Laserstrahlquelle (4) mit einem TEM 00*-Mode vorgesehen ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß für den Fall eines kreisringförmigen Brennfleckes (3) eine Laserstrahlquelle (4) mit einem TEM 01*-Mode vorgesehen ist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Laserstrahl (5) im Bereich der Werkstückoberfläche eine Ringdüse (9) mit einer zentrischen Bohrung (9 a) für den Laserstrahl vorgesehen ist, deren Ringraum (9 b) mit einer Quelle eines fluiden Kühlmediums strömungsmäßig verbunden ist.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ringraum (9 b) konisch zur Werkstückoberfläche hin zulaufend ausgebildet ist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder einem der folgenden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Laserstrahlquelle (4) ein CO oder CO₂-Laser ist, dessen Wellenlänge dem spektralen Absorptionsmaximum des zu strukturierenden Werkstoffes entspricht.

1/2

Fig. 1

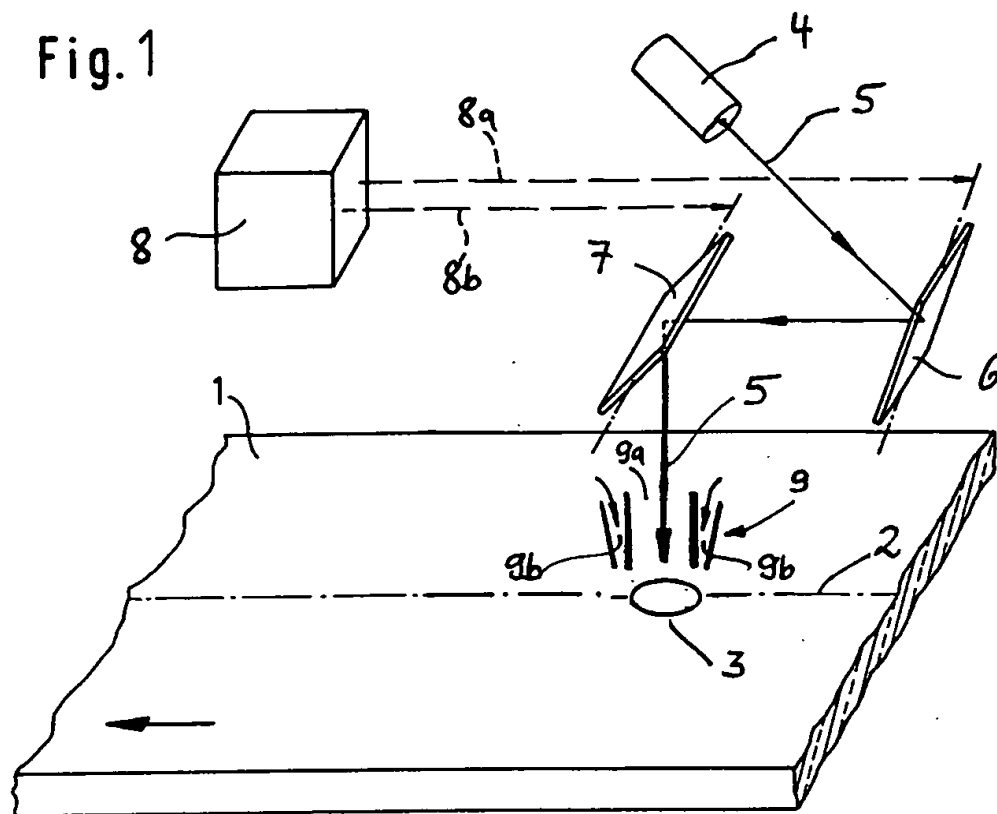


FIG. 2

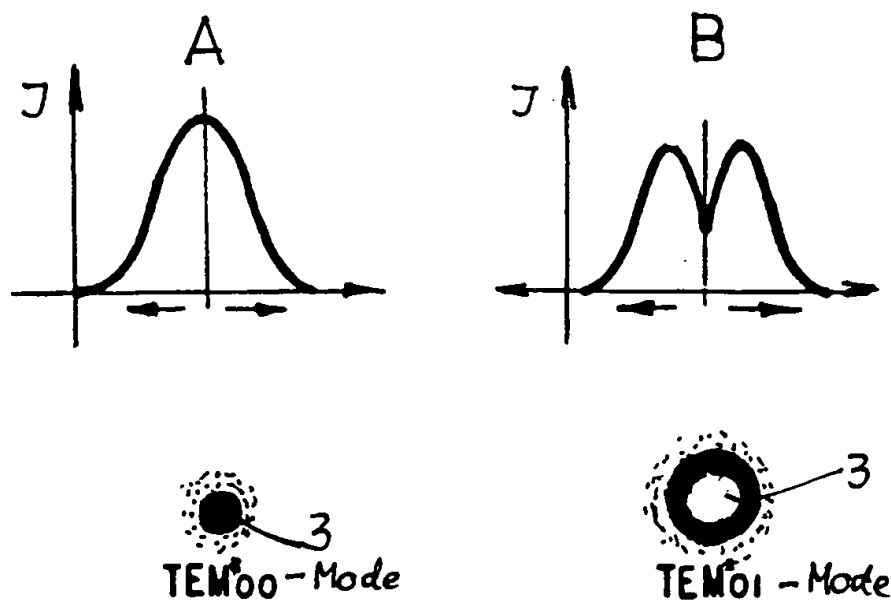
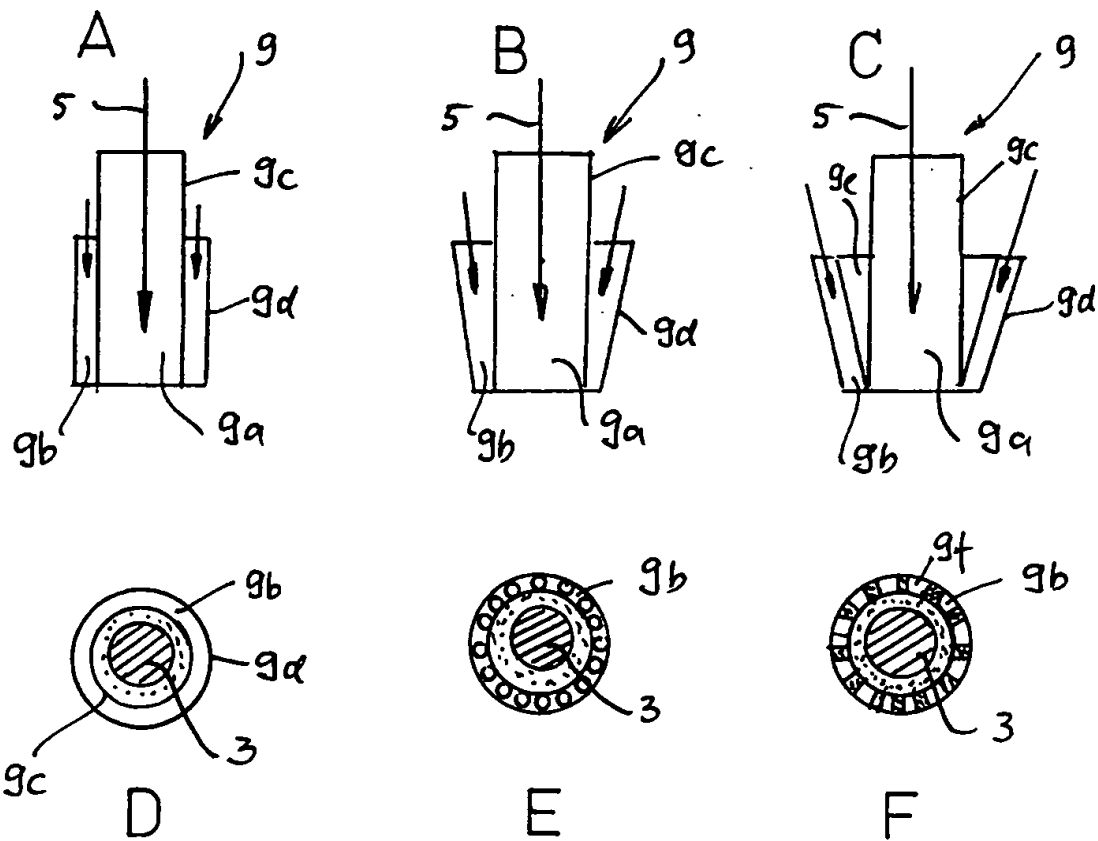


FIG. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/04069

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B23K26/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K C03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 93 20015 A (FONON TECHNOLOGY LTD ;KONDRATENKO VLADIMIR STEPANOV (RU)) 14 October 1993 (1993-10-14) cited in the application page 12, line 7 - line 18; claims 1,3; figure 1 ---	1-20
A	DE 197 15 537 A (SCHOTT GLASWERKE) 9 October 1997 (1997-10-09) cited in the application column 6, line 28 - line 59; figure 5 ---	1-20
A	DE 36 37 568 A (TRUMPF GMBH & CO) 5 May 1988 (1988-05-05) figures 1,3 ---	11, 18, 19
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"A" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 August 1999

Date of mailing of the international search report

20/09/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pricolo, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/04069

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 098, no. 011, 30 September 1998 (1998-09-30) & JP 10 166170 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 23 June 1998 (1998-06-23) cited in the application abstract</p> <p>-----</p>	11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/04069

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9320015 A	14-10-1993	RU 2024441 C AT 141578 T AU 3898493 A DE 69304194 D DE 69304194 T DK 633867 T EP 0633867 A ES 2092295 T US 5609284 A	15-12-1994 15-09-1996 08-11-1993 26-09-1996 23-01-1997 13-01-1997 18-01-1995 16-11-1996 11-03-1997
DE 19715537 A	09-10-1997	CN 1203202 A EP 0872303 A JP 11021141 A	30-12-1998 21-10-1998 26-01-1999
DE 3637568 A	05-05-1988	JP 63171290 A	15-07-1988
JP 10166170 A	23-06-1998	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PLI/EP 99/04069

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B23K26/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B23K C03B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 93 20015 A (FONON TECHNOLOGY LTD ;KONDRATENKO VLADIMIR STEPANOV (RU)) 14. Oktober 1993 (1993-10-14) in der Anmeldung erwähnt Seite 12, Zeile 7 - Zeile 18; Ansprüche 1,3; Abbildung 1	1-20
A	DE 197 15 537 A (SCHOTT GLASWERKE) 9. Oktober 1997 (1997-10-09) in der Anmeldung erwähnt Spalte 6, Zeile 28 - Zeile 59; Abbildung 5	1-20
A	DE 36 37 568 A (TRUMPF GMBH & CO) 5. Mai 1988 (1988-05-05) Abbildungen 1,3	11, 18, 19

-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. August 1999

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

20/09/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pricolo, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/04069

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 098, no. 011, 30. September 1998 (1998-09-30) & JP 10 166170 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 23. Juni 1998 (1998-06-23) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----</p>	11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/04069

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9320015 A	14-10-1993	RU 2024441 C AT 141578 T AU 3898493 A DE 69304194 D DE 69304194 T DK 633867 T EP 0633867 A ES 2092295 T US 5609284 A	15-12-1994 15-09-1996 08-11-1993 26-09-1996 23-01-1997 13-01-1997 18-01-1995 16-11-1996 11-03-1997
DE 19715537 A	09-10-1997	CN 1203202 A EP 0872303 A JP 11021141 A	30-12-1998 21-10-1998 26-01-1999
DE 3637568 A	05-05-1988	JP 63171290 A	15-07-1988
JP 10166170 A	23-06-1998	KEINE	